جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀهفتم، پاییز۱۳۹۲

صص ۱۰۳-۸۵

شبیه‌سازی الگوی پراکنش CO با مدل خرداقلیمی Envi-met در مسیر آزادی ـ تهران‌پارس

علی اکبرشمسی پور[۱]- استادیار اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

ژوان امینی- کارشناس ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۲   تاریخ تصویب:۱۳۹۲/٤/۹

چکیده

تهران از کلان‌شهرهای آلوده جهان است و مناطق مرکزی آن ناشی از تمرکز انواع منابع انتشار آلاینده‌ها با شرایط آلودگی شدید هوا مواجه است. محدودۀ مورد مطالعه خیابان مرکزی تهران، از میدان آزادی تا سه راه تهران‌پارس با طول تقریبی ۱۹ کیلومتر است. برای مطالعۀ خرد مقیاس آلودگی هوا تعامل عناصر فیزیکی شهر با عناصر جوّی شدت و جهت باد، دما و رطوبت هوا استفاده شدند. روش‌شناسی مطالعه ترکیبی از برداشت پیمایشی، محاسبات آماری و مدل‌سازی عددی است. با انتخاب سه برش از میدان آزادی، چهارراه ولیعصر و سه‌راه تهران‌پارس و تهیه فیلم‌های ترافیکی آنها برای تاریخ ۲٦ ژوئیه ۲۰۱۱ در دو نوبت پرترافیک صبح و کم ترافیک ظهر حجم تردد خودروها در تقاطع‌ها بررسی شد. با واکاوی آماری حجم ترافیک در واحد زمان، میزان مصرف بنزین و حجم خروجی گاز CO محاسبه شده و با داده-های عناصر جوی ایستگاه هواشناسی مهرآباد بعنوان ورودی مدل اقلیمی خردمقیاس ENVI-met تعریف شدند. نتایج به‌دست آمده گویای تمرکز بیشینۀ آلودگی در بخش‌های با تراکم بافت شهری مانند چهارراه ولیعصر و ضلع شرقی میدان آزادی به ویژه در ساعت‌های آغازین روز و کمترین مقادیر در معبرهای باز مانند ضلع غربی میدان آزادی، ضلع جنوبی سه راه تهران‌پارس، فضاهای سبز و نواحی دور از کانون انتشارات بـه خصوص ساعات میانی روز است.

کلید واژه‌ها: آلودگی هوا، منواکسید کربن، مدلسازی اقلیمی، Envi-met، محور آزادی ـ تهران‌پارس و تهران.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲٦۰۲٤۱۹۹ Email: Shamsipr@ut.ac.ir

۱. مقدمه

آلودگی هوا با تغییر در کمیت و کیفیت گازهای جو ایجاد می‌شود. این پدیده ناشی از افزایش استفاده از سوخت-های سنگواره‌ای در نواحی شهری نمود دارد. تهران به عنوان یکی از شهرهای آلودۀجهان به دلیل تراکم بالای جمعیتی و ساختمانی، استقرار صنایع و کارخانه‌ها در داخل و حومه شهر و تردد گستردۀ خودروها، میزان انتشار انواع آلاینده‌های گازی و ذرات معلق در هوای شهر افزایش یافته است. ساختار محیط طبیعی شهر و ویژگی‌های عناصر و پدیده‌های جوّی موجب تراکم، انتقال و جابه‌جایی آلاینده‌ها در سطح و به‌ویژه در نواحی مرکزی شهر می‌شود. در این پژوهش نوار مرکزی تهران در مسیر میدان آزادی تا سه‌راه تهران‌پارس مورد مطالعه قرار می‌گیرد. کمربند میانی شهر با مسیر غربی– شرقی طولی برابر با ۱۸/۷ کیلومتر دارد. ابتدا و انتهای آن به دو پایانه مسافربری بین شهری یکی پایانه غرب در میدان آزادی و دیگری پایانه شرق در تهران‌پارس محدود می‌شود. پایانه‌ها منابع مهمی در تولید آلاینده‌های هوای پیرامون خود هستند. به‌اضافه اینکه دو سر مسیر به نحوی ورودی شهر تهران محسوب می‌شوند که روزانه هزاران خودرو در آن تردد دارند. از آنجایی که مسیر مورد مطالعه به‌طور غالب با کاربری‌های مسکونی، تجاری، مراکز آموزش عالی مهم، مراکز فرهنگی، ایستگاه‌های BRT و... شناخته می‌شود، جمعیت انسانی، ساکنان و افرادی‌که با این مراکز سروکار دارند به شدت تحت‌تأثیر آلودگی ناشی از عوامل یاد شده قرار می‌گیرند. پس بررسی آلودگی مسیر و ارائه راه‌کارهایی برای کاهش آن از اهمیت زیست محیطی فراوانی برخوردار است. در این زمینه برای تحلیل دقیق عوامل کالبدی و طبیعی مؤثر در تعدیل یا تشدید آلودگی هوا از روش مدل‌سازی عددی خرد مقیاس مبتنی بر یکی از مدل‌های آزمایشگاهی جریان هوا (CFDs) یعنی Envi-met استفاده شد. از امتیازهای این روش، کمی شدن اثر هر یک از عوامل کالبدی شهر و متغیرهای اقلیمی در مقیاس زمانی و وضوح مکانی کوچک است. از سوی دیگر به دلیل کمبود داده‌ها و اطلاعات منسجم و کامل از آلودگی هوا به ویژه در مقیاس خرد نمی‌توان یک بررسی کامل و جامع انجام داد. اما به کمک روش مدل‌سازی تا حد بسیار زیادی مشکل برطرف می‌شود. از مطالعات انجام شده در سطح جهان در مورد مسئله آلودگی هوا با مقیاس خرد و با روش مدل‌سازی عددی پژوهش برزوسکی[۱] (۲۰۰۵) است که شبیه‌سازی عددی انتشارات خارج شده از اگزوز هواپیماها را در منطقه‌ای نظامی واقع در کشور لهستان انجام داده و در پایان به پیش‌بینی میزان منواکسید کربن به منظور حفظ سلامت کارکنان آن منطقه پرداخت. زواررضا و همکاران (۲۰۰۵) انتشار سالانۀ ذرات معلق را با استفاده از مدل متوسط مقیاس TAPM[۲] برای شهر کرایس‌چرچ نیوزلند ارزیابی کردند. آن‌ها از داده‌های شبیه‌سازی شده برای نقشه‌های نمایش سالانۀ مناطق شهری برای ارزیابی اثرات آلاینده‌های هوا بر پیدایش بیماری‌های مزمن استفاده نمودند. آشُک[۳] و همکاران (۲۰۰٦) با

1 Brzozzowski
2 The Air Pollution Mode
3 Ashok

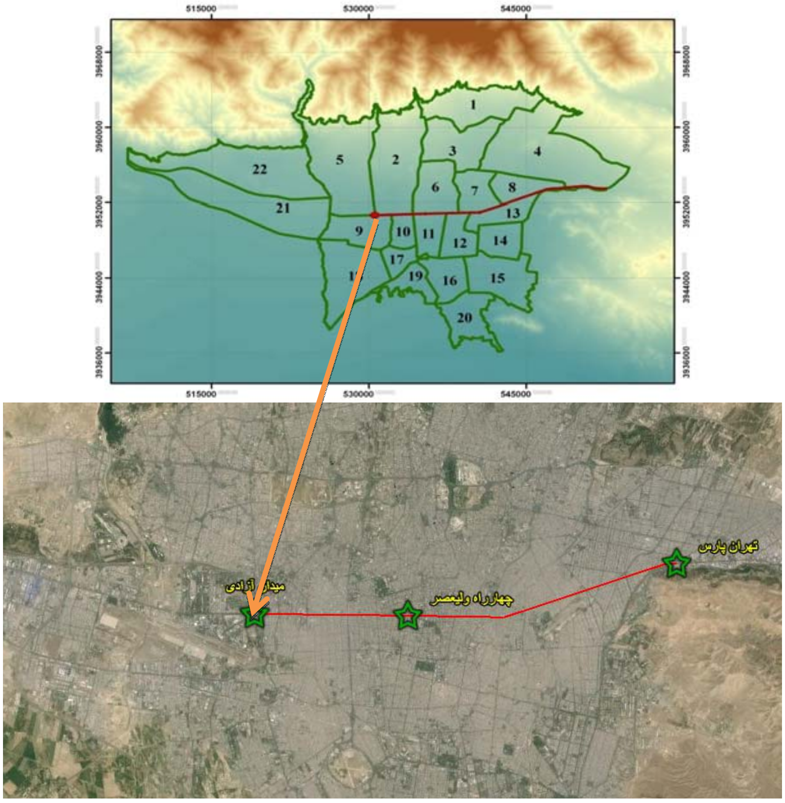
مدل‌سازی آلودگی هوا (TAPM)، انتشارات PM_{10} را در شهر لانستون استرالیا برای فصل زمستان مطالعه کردند، نتایج بدست آمده نشان داد؛ زمانی‌که ۲۰ درصد از ساکنان شهر به استفاده از سوخت‌های جنگلی می‌پردازند، آلودگی ناشی این آلاینده در سطح شهر نمایان می‌شود. بروس[۱] (۲۰۰۷) چگونگی اجرای مدل پراکنش گازها یا ذرات و رسوب یا ته‌نشینی آن‌ها را (PDDM) در محیط نرم افزار ENVI-met شرح داد. وی در این پژوهش فرمول‌ها و معادلات اعمال شده در مدل ENVI-met را برای محاسبه میزان آلودگی هوا، کاملاً توضیح داد. همچنین او در مطالعه دیگر (۲۰۰۷) ظرفیت فیلترینگ ذرات معلق PM_{10} را از طریق پوشش گیاهی شهری، با روش‌های خرد مقیاس عددی بررسی نموده و بیان می‌کند که با استفاده از یک روش ساده و استفاده از مدل کوچک مقیاس ENVI-met می‌توان اثر خالص گیاهی را در غلظت ذرات محلی به‌دست آورد. در یک پژوهش دیگر، کارا[۲] و همکاران (۲۰۱۰) پراکنش آلاینده‌های مرتبط با ترافیک را در سراسر یک خیابان غیر همگن در نیکوزیای قبرس مطالعه کردند. نتایج آن‌هاگویای این بود که سطوح آلودگی در سطح زمین تا حد زیادی بسته به هندسه خیابان، شرایط محلی و وضعیت خطوط ترافیکی بوده است. بررسی‌ها نشان داده که شرایط آلودگی خیابان مورد مطالعه آن‌ها برای مدت طولانی از شرایط ایمن و بی‌خطر تجاوز کرده است. بمکورر و رازیا[۳] (۲۰۱۰) به بررسی مدل برای شبیه‌سازی پراکنش NOx^4 در بخشی از مرکز شهر کوریتینیای برزیل با استفاده از ENVI- met پرداختند و نتایج حاصل را در رابطه با استانداردهای کیفیت هوا در برزیل تجزیه و تحلیل کردند. زواررضا و همکاران(۲۰۱۰) با مدل TAPM ارتباط بین تراکم ذرات معلق و الگوهای جوی حاکم در شهر تهران را ارزیابی کرد. نیکولووا[۵] و همکاران (۲۰۱۱) پراکنش ذرات بسیار ریزِ ناشی از ترافیک را در یک خیابان واقع در شهر آنتورب بلژیک، توسط مدل ENVI-met شبیه‌سازی کردند.

با مروری بر پیشینه پژوهشی توجه جدی به کانون انتشار آلاینده‌ها در خیابان‌ها از منابع متحرک انجام نشده است، در این مطالعه به آلودگی هوا در مقیاس خرد با محاسبه مصرف بنزین در خودروها و کربن خروجی معادل آنها در محور آزادی ـ تهران‌پارس پرداخته می‌شود. تأثیر متقابل فضاهای شهری و عناصر جوی در چگونگی پراکنش آلاینده co بررسی شد.

۲. منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، خیابان‌های آزادی ـ انقلاب ـ دماوند، یعنی فاصلهٔ میدان آزادی در غرب تا تهران‌پارس در شرق تهران با طول ۱۸/۷ کیلومتر است.

1 Bruse
2 Karra
3 Bemquerer, Rasia
4 Nitrogen Oxide
5 Nikolova



شکل ۱ نقشه تقسیم بندی مناطق شهر تهران و محدوده مورد مطاله

این خیابان از بخش مرکزی شهر تهران گذشته و به نوعی جدا کننده شمال و جنوب و متصل کننده غرب و شرق شهر تهران است.

میدان آزادی: در ورودی غربی تهران قرار دارد. این میدان از پیرامون به پایانه‌های برون و درون شهری بزرگی همچون پایانه غرب، پایانه اتوبوس‌های تندرو و تاکسی‌رانی درون‌شهری متصل است. عمدهٔ تراکم ساختمانی محدوده در سمت خیابان آزادی متمرکز است. از جهات شمال و غرب و جنوب دارای فضای بازی است. خود میدان آزادی با مساحت بزرگ شرایط جریان آزاد هوا را میسر می‌سازد. به لحاظ ترافیکی، معابر پیرامون میدان آزادی شامل پر ترددترین معابر شهر تهران بوده بطوری که از غرب به جاده مخصوص کرج، از شرق خیابان آزادی، از شمال به جناح و پایانه‌های مسافری درون و برون شهری، از جنوب به جاده قدیم با ترافیک سنگین روزانه محدود می‌شود. نکتهٔ مهم این است که عرض معابر و خود میدان دارای شرایط فضای باز بوده و با وجود خروجی‌های متعدد در اطراف آن و نبود چراغ قرمز، وضعیت ترافیکی آن را نسبتاً روان با گره‌های ترافیکی خیلی کم نشان می‌دهد. از نظر کاربری اراضی و ویژگی‌های فیزیکی شهری نیز محدوده این سایت تقریباً تهی از سازه‌ها و توده گذاری‌های ساختمانی متراکم است. علاوه بر آن فضای سبز قابل توجهی در میدان به صورت چمن و تک درخت وجود دارد. در ایستگاه میدان آزادی سه گیرندهٔ مجازی در سه نقطه مشخص آن مکان‌یابی شده است. گیرندهٔ مجازی ۱) در ورودی جاده مخصوص کرج، ۲) در خروجی پایانه اتوبوس‌رانی درون شهری

ضلع شمالی میدان که تقریباً سنگین‌ترین شرایط ترافیکی را در بین سه گیرنـده دارد، و گیرنـدهٔ ۳)در ضـلع شـرقی میـدان در ورودی خیابان آزادی قرار دارد. ویژگی‌های کالبدی و ترافیکی محدوده سه گیرنده متفاوت با همدیگر اسـت. سـاختمان‌هـای بلند و کوتاه نسبتاً متمرکزی در بخش شرقی میدان در هر دو سمت خیابان انقلاب وجود دارد. از سوی دیگر عـرض خیابـان هم نسبتاً کمتر است. این مسئله بعد از اختصاص دادن قسمتی از خیابان به مسیر مستقل اتوبوس‌هـای BRTکمتـر نیـز شـده است.هرچند که حجم ماشین‌های در حال تردد در آن به اندازه ضلع غربی میدان نیست، اما به دلیل عرض کم و عبور و مرور بیشتر خودروهای عمومی بزرگ مانند اتوبوس‌های شرکت واحد گره‌های ترافیکی بیشتری ایجاد می‌شوند. بنابراین انتـشارات تولید شده از وسایل نقلیه در بین عوارض ساختمانی این محدوده امکان جابه‌جایی کمتری دارند. پوشـش سـطحی در محـل گیرنده‌ها آسفالت است ولی در محدودهٔ پیرامون میدان پوشش سبز گیاهی و سیمانی همدیده می‌شود. بافت‌های ساختمانی بـا پوشش غالب آسفالت درپشت بام‌ها و سیمان و سنگ در دیوارها مشخص می‌شود. به‌طور کلی تراکم سـاختمانی در سـایت میدان آزادی کمتر از ایستگاه‌های دیگر است و بیشتر به عنوان یک محدوده باز شهری مورد توجه قـرار مـی‌گیـرد. عناصـر و جریان‌های جوی کمتر تحت‌تاثیر شرایط بافت محدوده قرار گرفته است.

چهارراه ولیعصر: در بخش مرکزی خیابان انقلاب از تمام جهت‌ها در بافت ساختمانی متراکمی قرار دارد به جز از سمت جنوب‌شرق که به پارک دانشجو متصل است. مراجعه به نقشهٔ کاربری‌ها و تراکم ساختمانی گویـای کـاربری غالـب تجـاری است و ویژگی عمده آن جاذب مسافر بودن آن است. بطوریکه شاید یکی از شلوغ‌ترین فـضاهای شـهری تهـران از هـر دو جنبه سواره و پیاده محسوب می‌شود. اغلب جداره‌های چهار راه را طور غالب ساختمان‌های ۳ تا ٤ طبقه تـشکیل مـی‌دهنـد، بطوری که فضای محصوری در ضلع‌های شمالی و غربی ایجاد نموده و در گوشه جنوب‌شرق آن فضای سـبز یـک ویژگـی متفاوت و بازی را نشان می‌دهد. محدوده با شبکهٔ شطرنجی معابر آن مشخص می‌شود که از تقاطع خیابـان‌هـای بـا راسـتای شمالی ـ جنوبی و شرقی ـ غربی ایجاد می‌شوند. درختان لبه و کناره خیابان‌ها به ویژه در خیابان ولیعصر با ارتفـاع بـیش از ۲۰ متر از مشخصه بارز این ایستگاه مطالعاتی است که می‌توانند در شرایط هوای محدوده مؤثر باشند. سه گیرندهٔ مجازی مکان‌یابی شده در محدوده چهارراه شامل گیرنده (۱) در ضلع غربی چهارراه نزدیک تقاطع خیابان فلسطین، گیرنده (۲) در مرکز چهارراه و گیرنده(۳) در ضلع شرقی آن در انتهای پارک دانشجو انتخاب شده است. ویژگی‌های شهری این محیط شامل استقرار سازه-های حجیم و مرتفع در سه طرف آن، وجود پارک دانشجو در قسمت جنوب شرقی تقاطع، عبور رفت و برگـشتی دو خـط اصلی سامانه تندرو، نقش مرکزیت داشتن و وجود مراکز خرید و برخی دانشگاه‌ها و ادارات مهـم در اطـراف آن اسـت. ایـن عوامل همگی موجب تردد روزانهٔ حجم وسیعی از انواع خودروها و عابران پیاده به این محدوده می‌شود. ویژگی چهار راهـی محدوده با تردد وسیع انواع خودروها ایجاب کننده وجود چراغ قرمز در چهار سمت آن است که باعث توقف و تراکم تعـداد زیادی از خودروها در ترافیک پشت چراغ و در حالت روشن شده که خود موجب افزایش تولید انواع انتشارات آلاینـده هـوا می‌شوند. ویژگی محصور بودن محدوده نیز باعث عدم تهویه مطلوب انتشارات شده و میزان آلودگی را افزایش مـی‌دهـد. در بافت ساختمانی فشرده محدوده چهارراه ولیعصر، پارک دانشجو به عنوان یک پهنه متفاوت است. بطوری که جـنس پوشـش

سطوح در محدوده کاربری‌های ساختمانی طور عمده از مصالح آسفالت، سیمان و سنگ تشکیل شـده و در محـدودهٔ پـارک متفاوت از آن‌ها پوشش گیاهی مشخص‌کنندهٔ آن است. تفاوت موجود در نوع و جنس سـطوح باعـث ایجـاد ویژگـی‌هـای فیزیکی و حرارتی متفاوتی است که در خروجی عناصر جوی مدل در گیرنده‌هـا مـشاهده مـی‌شـود. بنـابراین خیابـان‌هـا در محدودهٔ چهار راه به عنوان کانیون‌های شهری در بین بافت ساختمانی هستند که می‌توانند در برابـر وزش بادهـای بـا جهـات مختلف شرایط متفاوتی در ارتباط با کیفیت عناصر جوی ایجاد کنند. همچنین تفاوت در جنس و نوع پوشش سطوح محدوده نیز باعث تفاوت در ضریب انعکاس و جذب تابش ورودی شده و در نتیجه شرایط هوای متفـاوتی در سـطوح مختلـف در مقیاس خرد فراهم خواهد نمود. تفاوت در عناصر هوا در مقیاس خرد نیز می‌تواند عاملی در افزایش یا کاهش شـدت تـراکم آلودگی هوا باشند.

تهران‌پارس: به‌عنوان سایت انتهای مسیر در شرق تهران مورد بررسی و واکاوی شدت آلودگی محـدوده قـرار مـی‌گیـرد. محدودهٔ مورد مطالعه در تهران‌پارس را محدوده‌ای به طول ۵۰۰ متـر و عـرض حـدود ۳۵۰ متـر تـشکیل مـی‌دهـد. سـه راه تهران‌پارس با ویژگی‌های متفاوتی از دو ایستگاه پیشین مشخص می‌شود. خیابان دماوند با کشیدگی شرقی ـ غربی بـه عنـوان کریدور مرکزی سایت عمل می‌کند. نوار شمالی توسط ساختمان‌های مسکونی بلند و کوتاه با سطوح مختلف شکل گرفته که با مصالح متنوعی از آسفالت در پشت‌بام تا سیمان و سنگ در دیوارها شناخته می‌شود. در حالی که ضلع جنوبی آن به جز چند ساختمان منفرد داخل پایانه‌ها با مصالح سیمانی تقریباً یک فضای باز و آزاد است که در نهایت پس از آزاد راه به پارک جنگلی سرخه حصار متصل می‌شود. استقرار پایانه مسافربری بین شهری شرق و همچنین پایانهٔ اتوبوس‌های سـامانه تنـدرو شـرکت واحد از ویژگی‌های شاخص کاربری شهری این محدوده است.گیرنده‌های مجازی برای اخذ اطلاعات جوی بدست آمده از مدل‌سازی اقلیمی در مرکز و اطراف خیابان به عنوان منبع انتشارات مکان‌یابی شده‌اند که با شماره‌های ۱ تا ۳ در شکل(۱) نشان داده شده‌اند. وضعیت ترافیکی نسبتاً سبک‌تری نسبت به دو ایستگاه دیگر دارد که دلیل آن می‌تواند دوری از مرکز شهر و نبـود کاربری‌های تجاری و اداری متمرکز در لبه خیابان دماوند باشد. محدودهٔ شرق تهران شرایط متفاوتی از وضعیت عناصر جـوی را در مقایسه با مرکز و غرب تهران نمایش می‌دهد. بنابراین در این مطالعه مشخص می‌شود که شرایط محلی و بافت کالبـدی محدوده ایستگاه تهران‌پارس تا چه اندازه در تفاوت‌های عناصر جوی و میزان آلودگی هوای آن مؤثر هستند (شکل ۲).

۳. مواد و روش‌ها

روش مطالعه بر پایهٔ ترکیبی از روش‌های کتابخانه‌ای، برداشت میدانی، روش‌های آماری و مدل‌سازی عددی است. بـه این ترتیب ابتدا با استفاده از نرم افزار Google Earth سه مقطع از این مسیر (یعنی میدان آزادی، چهار راه ولیعصر، و سـه راه تهران‌پارس) به‌عنوان نماینده برای طراحی و مدل‌سازی در محیط نرم افزاری Envi-met انتخاب شد.



شکل ۲ تصاویر ۳ معبرنمونه انتخاب شده از کل مسیر آزادی- تهران پارس و مکان تعریف گیرنده‌های مجازی

سپس داده و اطلاعاتی مورد استفاده پژوهش شامل عناصر جوی چون جهت و سرعت باد، رطوبت ویـژه، رطوبت نسبی و دمای هوا در تاریخ ۲۶ جولای ۲۰۱۱ است از ایستگاه همدید مهرآباد بدست آمد.

جدول۱ داده های جوی مورد استفاده برای ورودی مدل

مؤلفه های جوی	نمونه مربوط به فصل تابستان (۲۶/۰۷/۲۰۱۱)	
	ساعت های صبح (پر ترافیک)	**ساعت های بعدازظهر (کم ترافیک)**
درجه حرارت(سلسیوس)	**۲۸/۶ (۳۰۱/۶ درجه کلوین)**	**۳۷/٤ (۳۱۰/٤ درجه کلوین)**
رطوبت نسبی (درصد)	**۳۰**	**۱۱**
سرعت باد(متر بر ثانیه)	**۲**	**۳**
جهت باد (درجه)	**۰ (باد شمالی)**	**۱۸۰ (باد جنوبی)**

داده‌های انتشارات آلودگی، مربوط به آلایندهٔ گازی منواکسیدکربن (CO) همین تاریخ نیز از روش آماری ترافیک عبوری گذرگاه در مقاطع و میدان‌های مسیر بر مبنای برداشت فیلم و محاسبات آماری به‌دست آمدند.

جدول۲ اطلاعات برداشت میدانی وضعیت ترافیک مربوط به ساعات صبحگاهی معابر

نام میدان یا چهار راه های انتخاب شده	طول معابر (متر)	تعداد وسایل نقلیه ای که در مدت ۵ دقیقه از یک معبر عبور می کنند، به تفکیک نوع و مدل ماشین					تعداد کل وسایل نقلیه معبر بر مبنای سواری در ۵ دقیقه	تعداد کل وسایل نقلیه معبر در یک ساعت (میزان ترافیک)
		تعداد سواری و وانت	تعداد اتوبوس و مینی بوس	تعداد موتور سیکلت	تبدیل تعداد اتوبوس بر مبنای سواری	تبدیل تعداد موتورسیکلت بر مبنای سواری		
میدان آزادی	۱,۱۰۰	۴۰۰۰	۳۰۰	۹۰۰	۷۵۰	۲۷۰	۵۰۲۰	۶۰۲۴۰
چهار راه ولیعصر	۵۰۰	۳۰۰	۵۵	۱۰۰	۱۳۷/۵	۳۰	۴۶۷/۵	۵۶۱۰
سه راه تهران پارس	۵۰۰	۲۴۰	۵۵	۷۰	۱۳۷/۵	۲۱	۳۹۸/۵	۴۷۸۲

جدول۳ اطلاعات برداشت میدانی وضعیت ترافیک مربوط به ساعات نیمروزی معابر

نام میدان یا چهار راه های انتخاب شده	طول معابر به متر	تعداد وسایل نقلیه ای که در مدت ۵ دقیقه از یک معبر عبور می کنند، به تفکیک نوع و مدل ماشین					تعداد کل وسایل نقلیه معبر بر مبنای سواری در ۵ دقیقه	تعداد کل وسایل نقلیه معبر در یک ساعت (میزان ترافیک)
		تعداد سواری و وانت	تعداد اتوبوس و مینی بوس	تعداد موتور سیکلت	تبدیل تعداد اتوبوس بر مبنای سواری	تبدیل تعداد موتورسیکلت بر مبنای سواری		
میدان آزادی	۱/۱۰۰	۳۲۰۳	۱۸۰	۷۱۰	۴۵۰	۲۱۳	۳۸۶۶	۴۶۳۹۲
چهار راه ولیعصر	۵۰۰	۲۷۰	۴۵	۲۲۰	۱۱۲/۵	۶۶	۴۴۸/۵	۵۳۸۲
سه راه تهران پارس	۵۰۰	۱۹۰	۳۶	۵۰	۹۰	۱۵	۲۹۵	۳۵۴۰

دستهٔ دیگر از داده‌ها دربردارندۀاطلاعات کالبدی شهری، پوشش سطحی خیابان و میدان‌ها شامل نوع و میزان پوشش‌گیاهی، تیپ خاک و پوشش سطحی، ارتفاع و تراکم ساختمانی و شاخص‌های ناهمواری محدوده بود که در مدل Envi-met طراحی شد. داده‌ها و اطلاعات ترافیکی با بهره‌گیری از معادلات آماری[1] مورد پردازش و ارزیابی قرار گرفت و میزان انتشارات محاسبه شد که این مقادیر به همراه داده های جوی به عنوان اطلاعات ورودی مدل در نظر گرفته شد.در بخش مدل‌سازی عددی که مهم‌ترین قسمت پژوهش به‌شمار می‌رود، تمام ویژگی‌های فیزیکی ـ گرمایی و داده‌های جوی و آلودگی مسیر با مدل خرد مقیاس ENVI-met برای شناسایی شرایط هوای خردمقیاس محدوده و یا تأثیر این عوامل در آن مورد واکاوی قرار گرفت.

جدول(٤) محاسبات انجام شده جهت دستیابی میزان انتشار

	مصرف سوخت کل ماشین های منطقه (H)		سهم انتشار COاز کل بخش حمل و نقل جاده ای کشور بر مبنای آمار سال ۱۳۸٤ (X)	میزان انتشارات آلاینده CO در هر یک از معابر در طول ۱۰ ساعت (P = H*X)		میزان نهایی انتشارات آلاینده CO (g/m)	
نام میدان یا چهار راه های انتخاب شده	صبح	بعدازظهر	CO	بعدازظهر	صبح	بعدازظهر	
میدان آزادی	٥٧٦٤٩/٦٨	٤٤٣٩٧/١٤	٢١٢/٢٤	١٢٢٣٥٥٦٨/٠٨	٩٤٣٢٨٤٩/٨٤	٣٣٩/٨٨	٢٦١/٧٥
چهار راه ولیعصر	٢٤٤٠/٣٦	٢٣٤١/١٧	٢١٢/٢٤	٥١٧٩٣٩/٨٨	٤٩٦٨٨٩/٩٢	١٤/٣٩	١٣/٨
سه راه تهران پارس	٢٠٨٠/١٧	١٥٣٩/٩	٢١٢,٢٤	٤٤١٤٩٥/٢٨	٣٢٦٨٢٨/٣٨	١٢/٢٦	٩/١

٤. بحث و نتایج

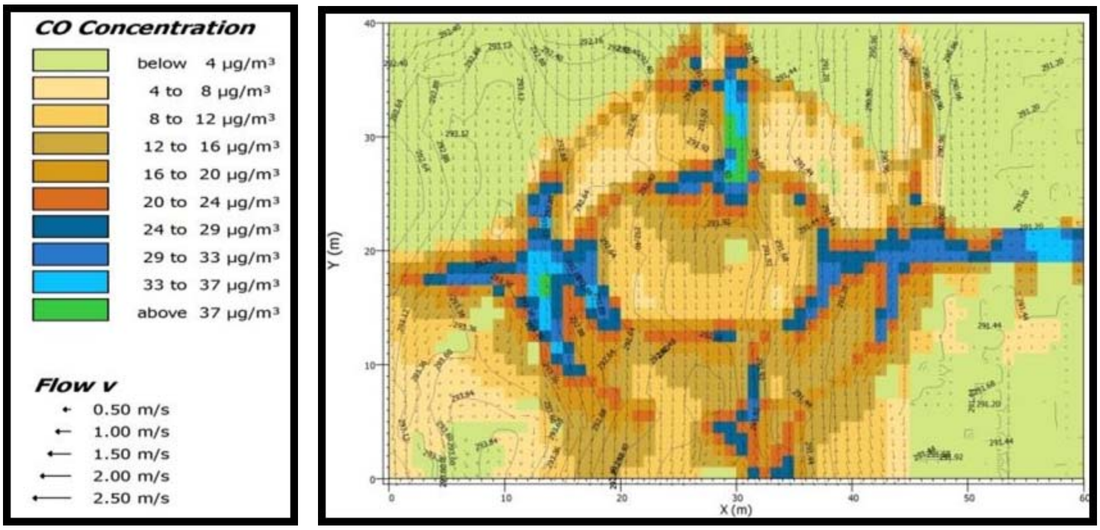
واکاوی شرایط آلودگی سایت‌های مورد سنجش

میزان غلظت آلاینده CO در سه مقطع مختلف مسیر میدان آزادی ـ تهران‌پارس برای شرایط تابستانی به صورت جداگانه از طریق نقشه‌های دو بعدیِ تهیه شده از نرم‌افزار جانبی مدل ENVI-met یعنی LEONARDO، نمایش داده می‌شود. نقشه‌های ارائه شده در این بحث از خروجی‌مدل‌سازی است. ساعت ٦ برای واکاوی شرایط اول صبح، ساعت ۱۰ برای واکاوی میزان آلودگی در ساعت پرترافیک روز و ساعت ١٤ برای شرایط آرام و کم ترافیک نیمروزی، انتخاب شده‌اند. برای هر محدوده نقشه‌ها در ارتفاع سطح زمین ترسیم شده و بررسی می‌شوند.

میدان آزادی

با توجه به شکل (۳) بیشترین تمرکز آلاینده منواکسیدکربن در محور خیابان‌ها، یعنی منبع انتشارات واقع شده است. در محدوده گیرنده اول و سوم و ضلع شمالی میدان (ورودی خیابان جناح). بالاترین غلظت CO مقادیری بیش از ۳۷ میکرومتر بر متر مربع (ug/m3) را نشان می‌دهند. کمترین میزان تمرکز نیز در فضاهای با پوشش گیاهی، مابین بلوک‌های ساختمانی و

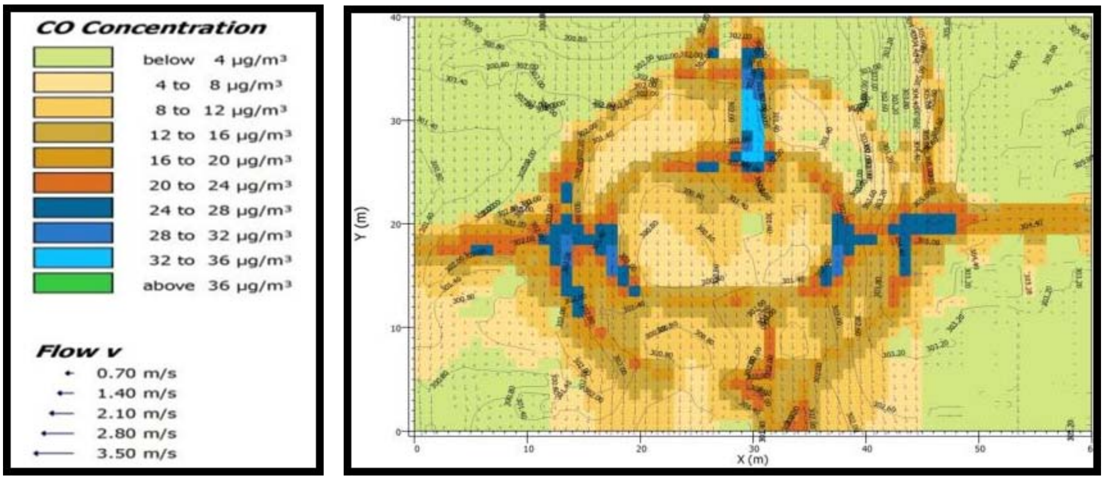
همچنین در منتهی‌الیه شمال‌شرقی و غرب میدان دیده می‌شود. بر اساس شکل، باد دارای جهت شمالی است، با توجه به اینکه قسمت‌های شمال‌شرقی و غربی کمابیش بدون عارضه ساختمانی هستند، لذا با وجود وزش باد تراکم منواکسید کربن کاهش یافته است. از سوی دیگر مابین ساختمان‌ها به دلیل اینکه از منبع انتشارات جاده‌ای فاصله دارند، در کل دارای حجم کمتری از آلودگی هستند. پوشش گیاهی نیز تنها در تعدیل کیفیت هوای محدوده خود مؤثر بوده و نسبت به معابر اطراف خود گاهی حتی مانند ساختمان‌ها می‌تواند نقش یک مانع را ایفا کند که از پراکنش آلاینده‌ها به پیرامون جلوگیری کرده و موجب تمرکز و ماندگاری آن‌ها در داخل خیابان می‌شود. جدای از نوع و میزان منبع انتشار که ممکن است خطی باشد، مانند یک خیابان یا نقطه‌ای، مانند یک دودکش، اگر آلاینده حالت حبس شدگی پیدا کند و یا موانعی بر سر راه حرکت آن واقع شوند موجب تشدید غلظت می‌شوند. چون جریان بادهای ضعیف در فضای بسته توانایی حمل آلاینده‌ها را نخواهد داشت. تأثیر این مسئله به ویژه در ضلع شرقی میدان قابل مشاهده است. قسمت‌های اطراف برج آزادی نیز از یک سو دور از منبع انتشارات بوده و از طرف دیگر در اطراف آن پوشش گیاهی نسبتاً وسیع و آبفشان‌ها و سیستم‌های آبیاری تعبیه شده است که باعث مرطوب نگه داشتن محیط می‌شود. همچنین دارای یک محدوده نسبتاً وسیع و باز است که جریان‌های هوا آزادانه در آن حرکت می‌کنند. تمام این عوامل باعث تمرکز کمتر آلاینده CO در این پهنه شده است. نکته دیگر اینکه با توجه به جهت شمالی باد، منواکسید کربن که در قسمت‌های شرقی یا غربی میدان تمرکز یافته امکان انتقال به طرفین خود را ندارند، علاوه بر این در جریان حمل آن به سمت جنوب با موانع ساختمانی برخورد می‌کند. در نتیجه تنها در برخی از بخش‌های میدان تمرکز حداکثری این آلاینده وجود دارد.



شکل ۳ پراکنش سطحی حجم CO در ساعت ٦صبح میدان آزادی در شرایط تابستان در سطح زمین

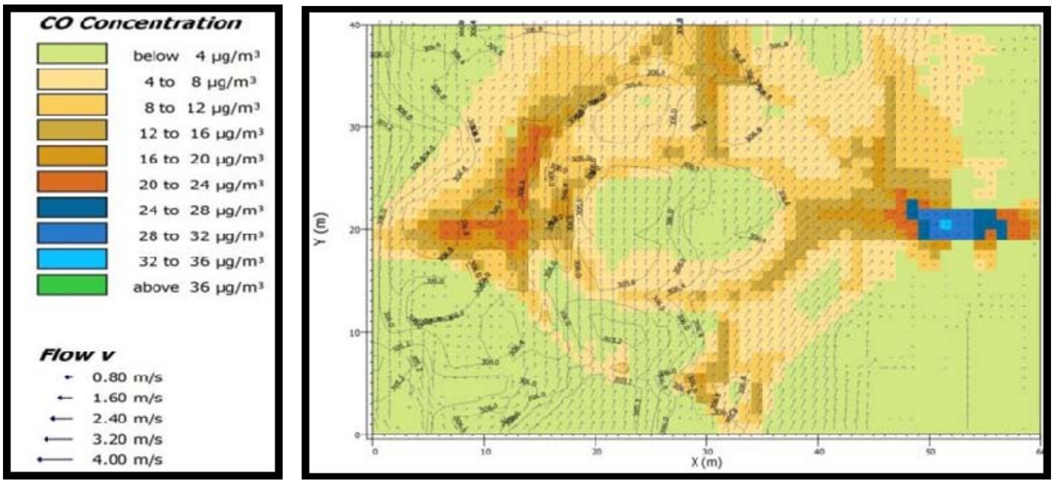
در مقایسه با ٦ صبح آلودگی در ساعت ۱۰ مقداری تعدیل شده است. با توجه به منحنی‌های هم‌دما نیز میزان دما در مقایسه با ٦ صبح افزایش نشان می‌دهد. رابطه بین افزایش دما و کاهش میزان آلودگی هوا در افزایش ظرفیت پذیرش آلایندگی

هوا و انبساط هوا و امکان گسترش و پراکنش آلاینده خروجی در فضای بیشتر است. همچنین در ساعت ۱۰ وارونگی صبحگاهی نیز از بین رفته و در نتیجه حرکت هوا و دنبال آن جابه‌جایی بیشتر آلاینده COرا در پی خواهد داشت.



شکل ٤ پراکنش حجم CO در ساعت۱۰ صبح میدانآزادی در شرایط تابستان در سطح زمین

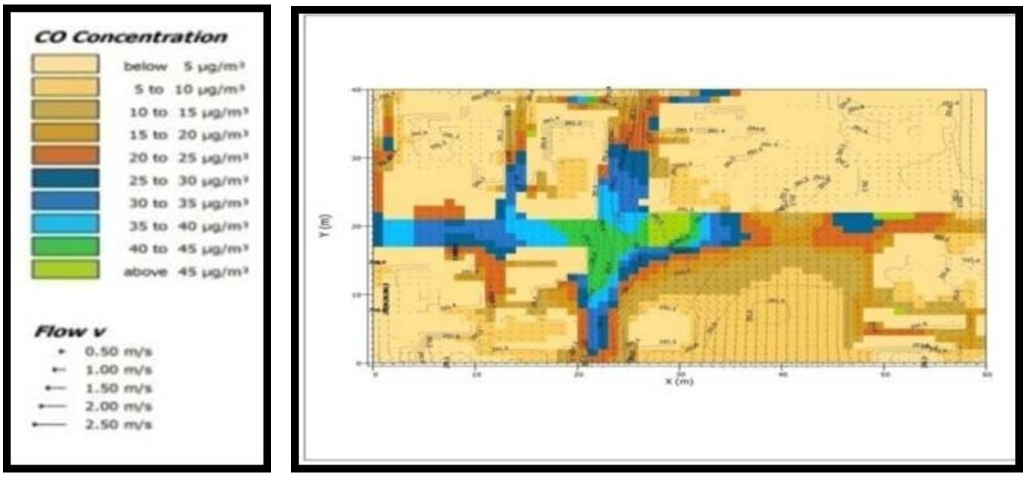
تغییرات جوی که در ساعت ١٤ میدان آزادی به وجود آمده، حاکی از افزایش دما، افزایش سرعت باد حداکثر تا ٤ متر بر ثانیه و جنوبی شدن جهت بادها است. این عوامل باعث کمتر شدن غلظت COهوا شده است. اما نکته جالب این که در تمام ساعت‌ها هسته آلودگی شرق میدان وضعیت بحرانی خود را حفظ کرده است و آن هم می‌تواند ناشی از عدم تهویه مناسب هوا در اثر تراکم بافت ساختمانی اطرافاین محدوده باشد. چرا که باد چه جنوبی و چه شمالی در حرکت خود با این سد ساختمانی برخورد کرده و نمی‌تواند به سادگی داخل خیابان شود و آلودگی‌ها را تهویه نماید. اما در سایر نواحی باد جنوبی چون با زاویه هم می‌وزد از بین سازه‌های کم تراکم سایر نواحی مانند ضلع غربی و یا اطراف خیابان جناح، عبور کرده و آلودگی آن را جاروب می‌کند (شکل ۵).



شکل ۵ پراکنش حجم CO در ساعت١٤میدانآزادی در شرایط تابستان در سطح زمین

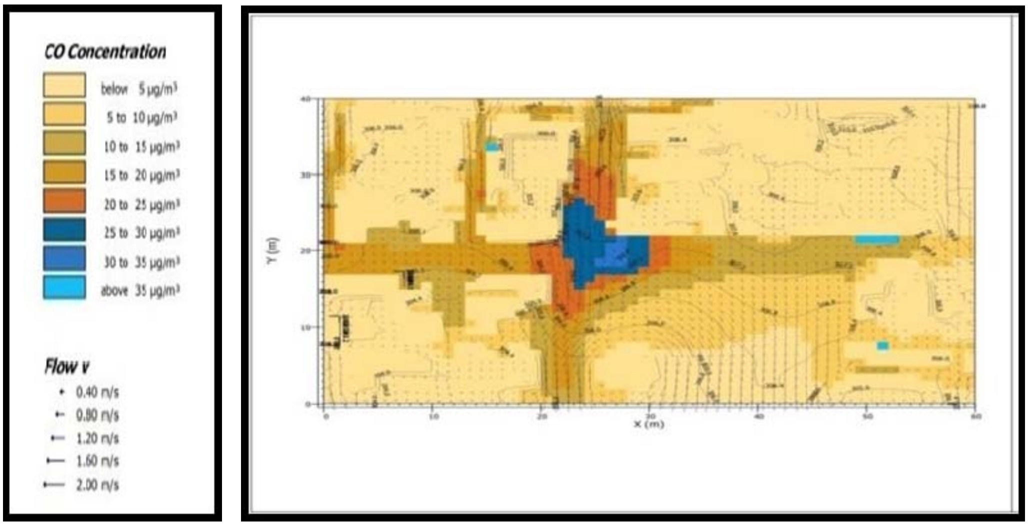
چهارراه ولیعصر

تفاوت چهار راه ولیعصر با میدان آزادی در چند جنبه اساسی نمود پیدا می‌کند. یکی اینکه محـدوده ایـن چهـارراه بـسیار محدودتر از میدان آزادی است؛ دوم عرض معابر آن بسیار کمتر از خیابان‌های اطراف میدان بزرگ آزادی می‌باشد. مورد بعدی اینکه، تراکم ساختمانی کمابیش در تمامی نقاط چهارراه ولیعصر به چشم می‌خورد و فضاهای آزادکوچک‌تری دارد؛ به گونه‌ای که به جز پارک دانشجو در قسمت جنوب شرقی خیابان ولیعصر، فضای باز دیگری دیده نمی‌شود. با توجـه بـه آنچـه کـه از شکل (٦) مربوط به ساعت ٦ صبح نمونه یک روز تابستانی پیداست، باد باجهت شمالی می‌وزد و در نواحی شمالی با برخورد به توده‌ها، در مقیاس محلی جهت آن نامنظم شده و سرعت آن نیـز بـسیار کـاهش یافتـه اسـت. از سـوی دیگـر در داخـل خیابان‌های شمالی ـ جنوبی مانند خیابان ولیعصر کانالیزه شده و افزایش سرعت نشان می‌دهد.غلظت‌های CO در این چهارراه، بیشتر در داخل خیابان‌ها که منبع انتشارات هستند، تمرکز یافته است. به‌ویژه در مرکز معبر، چون جریـان شـمالی بـاد توانـسته آلودگی‌های شمالی‌تر خیابان ولیعصر را با خود به پایین‌تر بکشد. از سوی دیگر این ناحیه به دلیل نقش مرکزیت داشتن، جدای از تردد خودروهای سواری و موتورسیکلت‌ها، عبور دو خط اصلی سامانه اتوبوس‌های تندرو از آن نیز منجـر بـه شـلوغی و حجم بالای ترافیک آن شده است. پس ورودی انتشارات آن به نسبت عرض خیابان و فضای بـسته آن بـسیار بالاسـت. ایـن موارد در تمرکز آلودگی بیش از 45ug/m3 این چهارراه تأثیرگذار بوده است. در حالی‌که بـالاترین غلظـت نـشان داده شـدهٔ میدان آزادی در همین زمان و فصل، حدود ۳۷ میکروگرم بر متر مربع بوده است. سالم‌تـرین قـسمت‌هـای محـدودهٔ اطـراف چهارراه ولیعصر، مابین ساختمان‌ها و داخل پارک دانشجو می‌باشد. همچنین سرعت باد در داخل این فضای سبز یـک مقـدار افزایش را نشان می‌دهد. نکته اینکه پارک دانشجو در تعدیل کیفیت هوای محیط خود مؤثر بوده اما تـأثیری در کـاهش هـسته های آلودگی مرکز چهارراه نداشته است. حتی می‌توان گفت بخش‌هایی از حواشی پارک نـسبت بـه نـواحی داخلـی‌تـر آن، آلودگی بیشتری دارد که ناشی ازتأثیر آلودگی خیابان‌های پیرامون آن است.



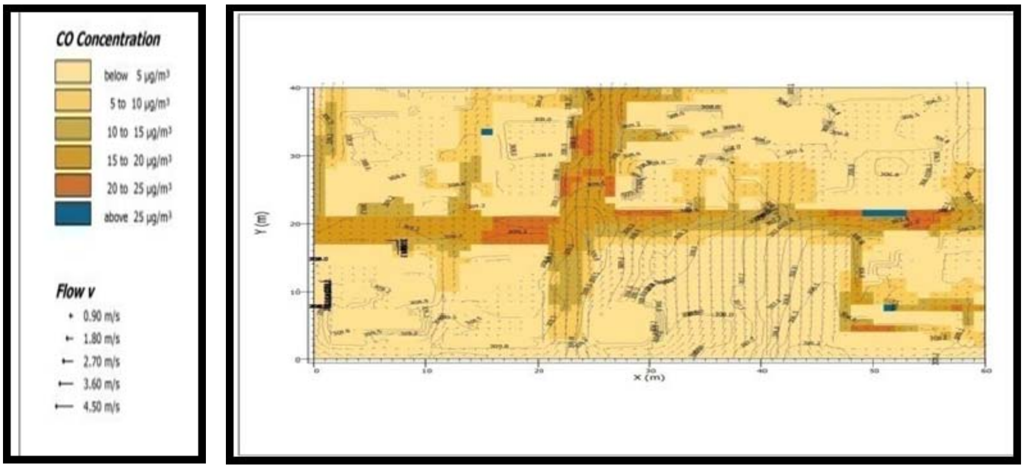
شکل ٦ پراکنش حجم CO در ساعت٦صبح چهارراه ولیعصر در شرایط تابستان در سطح زمین

در شکل (۷) ساعت ۱۰ ارتفاع سطح زمین، افزایش دما نسبت به ساعت ٦ محسوس است. همچنین قسمت های در برگیرندهٔ غلظت‌هایبیشینهٔ منواکسید کربن کاهش یافته و به مرکز چهارراه محدود شده است. با این‌که در ساعت ۱۰ میزان تردد خودروها بیشتر است اما به‌دلیل تغییر شرایط جوی میزان پهنهٔ آلودگی کمتر شده است. مثلاً چون دما در سطح زمین افزایش می‌یابد و در مقابل با کاهش ارتفاع کاهش دما داریم، در نتیجه حرکت توده‌های هوا و به دنبال آن جابه‌جایی آلودگی‌ها بیشتر می‌شود. اما در ساعت ٦ صبح با وارونگی صبحگاهی روبه رو هستیم که باعث حبس‌شدگی و انباشتگی آلاینده‌ها در نزدیکی سطح زمین می‌شود.



شکل ۷ پراکنش حجم CO در ساعت۱۰ صبحچهارراه ولیعصر در شرایط تابستان در سطح زمین

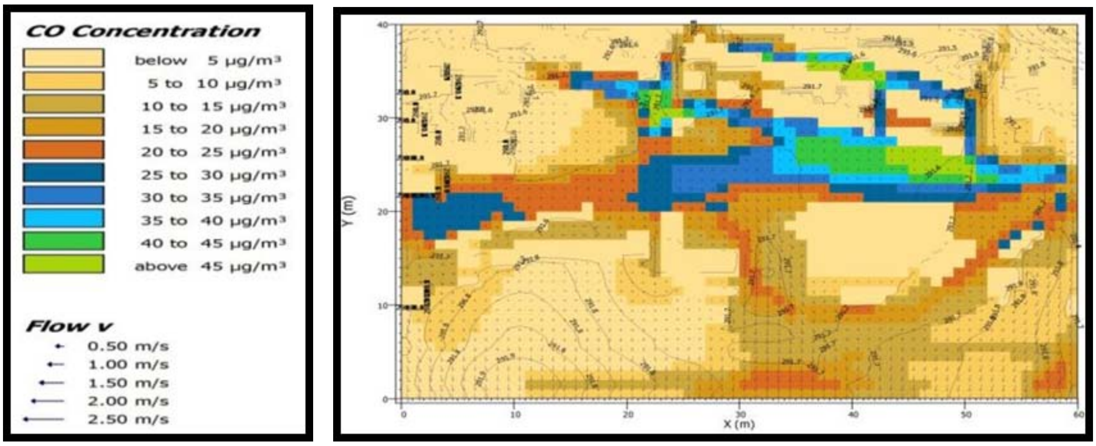
در نقشه سطح زمینِ ساعت ١٤ (شکل ٨) علاوه بر افزایش دما، دو برابر شدن سرعت باد و تغییر جهت آن را می‌توان مشاهده کرد. این عوامل در کنار ساعت خلوت بودن نیمروزی، موجب کاهش میزان آلودگی شده است. همچنین جنوبی شدن جهت باد باعث شده که مثلاً در داخل خیابان ولیعصر به بالا کشیده شدن غلظت‌ها منجر شود. گذشته از این باد جنوبی با وارد شدن به پارک دانشجو باعث پاک کردن هوای داخل آن شده است. در حالی‌که در ساعات صبح، به دلیل شمالی بودن باد، در مسیر حرکت خود نخست به موانع ساختمانی برخورد می‌کند. بنابراین مشکل‌ترمی‌تواند وارد فضای پارک شود و اگر رخ دهد،آلودگی‌های خیابان انقلاب را همراه خود به آنجا می‌برد و همین پدیده باعث شده تا در ساعات صبح در این محدوده میزان غلظت بالاتر باشد.



شکل ۸ پراکنش حجم CO در ساعت۱٤چهارراه ولیعصر در شرایط تابستان در سطح زمین

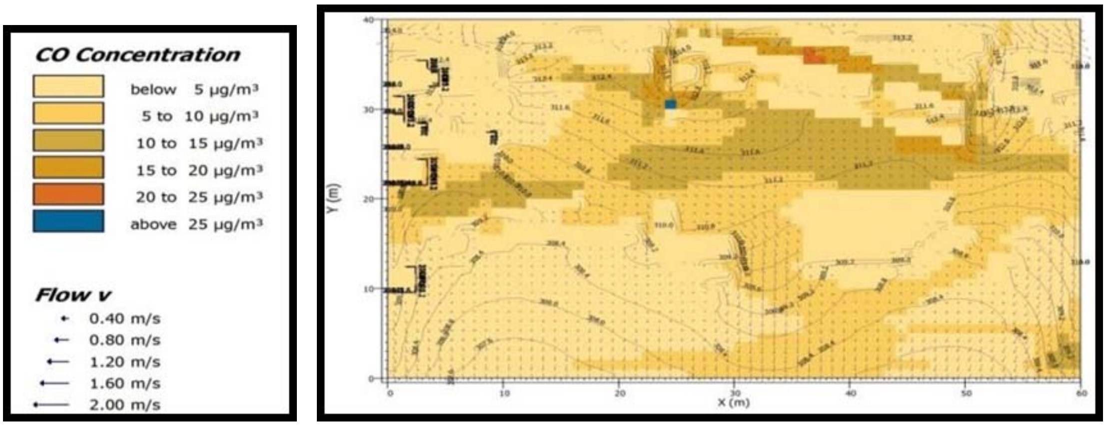
سه راه تهران پارس

با توجه به شکل (۹) شرایط صبحگاهی سطح زمینِ سه راه تهران پارس در فصل تابستان به مانند چهارراه ولیعصر، تجمع آلودگی را در فضای خیابانی به عنوان منبع انتشارات خطی که توسط ساختمان‌های دو طرف محاصره شده است، نشان می‌دهد. وضعیت متفاوت این معبر در مقایسه با چهارراه ولیعصر، فضای نسبتاً بازی است که در نیمه‌جنوبی آن واقع شده است و باعث حرکت آسان‌ترجریان‌های هوا و جابه‌جایی مواد آلاینده می‌شود. مرکز آلودگی با میزان غلظت 30ug/m3 که در قسمت غربی سه راه تشکیل شده است، تحت تأثیر جریان باد شرقی در داخل خیابان دماوند کانالیزه شده است. به طورکلی در نواحی که اثر ساخت و سازهای انسانی بیشتر و شدیدتر باشد، آلودگی ماندگارتر و بیشتر خواهد بود.



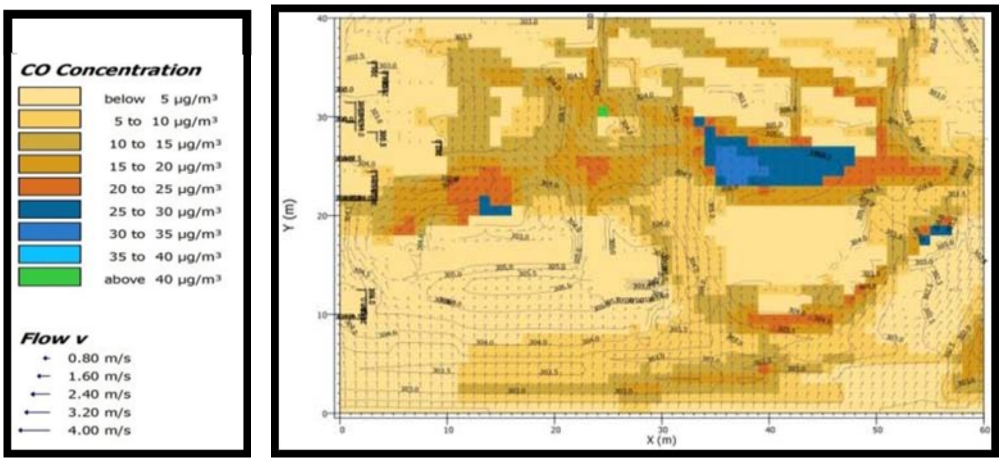
شکل ۹ پراکنش حجم CO در ساعت٦ صبح سه راه تهران پارس در شرایط تابستان در سطح زمین

با دور شدن از شرایط پایداری اول صبح به‌تدریج میزان غلظت آلاینده منواکسیدکربن در کل محدوده کاسته شده است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ پراکنش حجم CO در ساعت۱۰ صبح سه راه تهران پارس در شرایط تابستان در سطح زمین

نکته قابل بررسی که در نقشه ساعت ۱٤نمونه فصل تابستان این معبر مشاهده می‌شود این است که بعد از غلظت‌های حداکثری CO در ساعت ٦ تمامی محدوده‌ها و کاهش قابل ملاحظه آن در ساعت ۱۰، دوباره و برخلاف انتظار با افزایش آلودگی در ساعت ۱٤ مواجه می‌شویم که یک ساعت کم تردد و خلوت به حساب می‌آید. دلیل آن به شرایط جوی ارتباط پیدا می‌کند. با توجه به اینکه معمولاً در بیشتر ساعات اولیه روز مسئله پایداری و وارونگی جوی امری شناخته شده است و این مسئله در تشدید شرایط آلودگی تأثیر مستقیم دارد با دور شدن از این زمان و از بین رفتن لایه وارونگی بالاتر کشیده شدن لایه آمیختگی، وضعیت آلودگی نیز بهبود می‌یابد. علاوه بر این چون غالباً در ساعات قبل از ظهر در تهران باد شمالی می‌وزد(این مسئله هم در نقشه های ساعت ٦ و هم ۱۰ قابل مشاهده است) لذا در ساعت ۱۰ صبح که نزدیک ظهر می‌باشد، باد مذکور توانسته بارها و بارها منطقه را جاروب کند و از آلودگی آن بکاهد. در حالی که در ظهر باد تهران جهت خود را عوض می‌کند و جنوبی می‌شود. بنابراین تمام آلاینده‌هایی را که صبح با خود به نواحی جنوبی حمل کرده بود دوباره از طریق تغییر جهت باد به داخل شهر حمل می‌کند و در مسیر خود، با برخورد به موانع مختلف از سرعت آن کاسته و باعث جمع شدگی آلاینده در فضاهای بسته و متراکم مرکز شهر می‌شود. از سوی دیگر در ساعات میانی روز به دلیل ایجاد جزیره گرمایی بر روی نواحی مرکزی تهران، آلاینده های اطراف به این ناحیه منتقل می‌شوند و در بالا رفتن آلودگی این ساعت تأثیرگذار خواهد بود. توجیه دیگر این است که، برای شبیه سازی وضعیت آلودگی CO در این معابر، میزان انتشارات و مؤلفه های جوی ساعات صبح و بعدازظهر، به صورت جداگانه به مدل وارد شده‌اند. یعنی نقشه‌ها و نمودارهای ساعات ٦ و ۱۰ مربوط به یک ورودی داده هستند وخروجی‌های ساعت ۱٤ نیز در جریان یک مدل سازی جداگانه ایجاد شده‌اند. زمان شروع شبیه سازی صبحگاهی از ساعت ۵ صبح، و بعدازظهر از ساعت ۱۲ بوده است. پس می‌توان گفت باد شمالی که صبح در تهران می‌وزد از ساعت ۵ صبح تا ۱۲ در مدل جریان دارد و به همین دلیل تا ساعت ۱۰ توانسته میزان آلاینده‌ها را کاهش دهد. اما در مورد باد جنوبی که بر اساس مدل سازی از ساعت ۱۲ تعریف می‌شود تا ساعت ۱٤ (طی ۲ ساعت) نتوانسته به صورت قابل ملاحظه ای در کاهش آلودگی مؤثر باشد (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ پراکنش حجم CO در ساعت۱٤سه راه تهران پارس در شرایط تابستان در سطح زمین

۵. نتیجه‌گیری

در میدان آزادی بیشترین تمرکز آلودگی در داخل منبع خطی انتشارات دیده می‌شود. این مسئله به‌ویژه در خیابان‌های پرترافیک محصور در بین سازه‌های متراکم و فشرده شهری مانند ضلع شرقی میدان شدیدتر است. کمترین مقادیر هم در فضاهای باز، محدوده پوشش گیاهی و معبرهای فرعی مابین بلوک‌های ساختمانی قابل مشاهده است. با حاکمیت بادهای محلیِ فصل تابستان، در ساعات صبح، وزش باد شمالی و در بعدازظهر جنوبی می‌باشد. باد در مسیر خود از فضاهای باز میدان آزادی عبور نموده و در نتیجه موجب پراکنش آلودگی می‌گردد. اما در ضلع شرقی میدان به دلیل حجم بالای ترافیک و تولید آلودگی، استقرار ساختمان‌های بلند و کوتاهِ متراکم در دو سوی خیابان، باعث تجمع و ماندگاری آلاینده منواکسید کربن شده و بر میزان آن می‌افزاید. غلظت‌های آلودگی این محدوده تحت‌تأثیر شرایط جوی در نوسان است. به عبارت دیگر چون میزان ورودی انتشارات و وضعیت کالبدی در همه فصول و همه ساعات روز ثابت است، آنچه که تمرکز آلودگی را دچار شدت و ضعف می‌کند، وضعیت غیر ثابت اقلیمی و خرداقلیمی است. به طور مثال در ساعات اولیه صبح، مقادیر نسبتا پایین تر دما همراه با حاکمیت شرایط پایداری و وارونگی موجب عدم تشکیل جریان‌های هوا و وزش باد شده و یا از سرعت‌های آن می‌کاهد. در نتیجه میزان غلظت‌آلودگی افزایش می‌یابد. در ساعات ظهر با بالا رفتن دما در اثر تابش خورشید و از بین رفتن شرایط پایداری، جریان‌های هوا شکل گرفته و شدت آن‌ها نیز افزایش می‌یابد، در نتیجه باعث پراکنش آلاینده‌ها می‌گردد و از ماندگاری آن جلوگیری می‌کند. به طور کلی می‌توان گفت که در محدوده میدان آزادی، ضلع شرقیِ محصور بین سدهای ساختمانی در همه‌ساعات مراکز بیشینه و بحرانیِ آلودگی را نشان می‌دهد. اما در سایر نواحی به دلیل وجود پوشش گیاهی، فضای باز، روان بودن ترافیک و همچنین جریان آزادانه تر باد، این مقادیر نسبتاً کمتر دیده می‌شود. در دیگر مقطع نماینده، یعنی چهارراه ولیعصر، بافت ساختمانی فشرده، حجم بالای تردد وسایل نقلیه، وجود پارک دانشجو در سمت جنوب شرق، تقاطع دو خیابان اصلی (انقلاب و ولیعصر) در افزایش میزان غلظت آلاینده

منواکسیدکربن تأثیرگذار بوده است. غلظت‌های CO در چهارراه ولیعصر بیشتر در داخل خیابان‌ها به خصوص در مرکز معبر تمرکز یافته است. چرا که جریان غالب شمالی باد در ساعات صبحگاهی و جریان جنوبی در زمان‌های بعدازظهر با کانالیزه شدن در معابر طولی محدوده، آلودگی‌های نواحی شمالی و جنوبی را به همراه خود بـه مرکـز چهـارراه حمـل مـی‌کنـد. سالم‌ترین بخش‌های این سایت فضای پارک دانشجو و مابین ساختمان‌های دورتر از مرکز چهارراه می‌باشد. شرایط در سه راه تهران‌پارس نیزبه عنوان مقطع پایانی مسیر آزادی ـ تهران‌پارس به گونه‌ایست که نیمه شمالی آن بافت فشردۀ ساختمانی با ارتفاع متوسط استقرار دارند. در حالی‌که بخش جنوبی یک محوطه بازتر به حساب می‌آید. کریدور خیابانی مورد مطالعه در این ایستگاه که به عنوان کانون انتشارات در نظر گرفته شده است، خیابان شرقی –غربی دماوند مـی‌باشـد. مهـم‌تـرین خصوصیات کالبدی این محدوده شامل استقرار دو پایانه اتوبوس‌رانی و مسافربری، بافت نسبتاً باز به خصوص در حاشـیه جنوبی، وضعیت ترافیکی سبک‌تر نسبت به دو معبر دیگر می‌باشد. این عوامل فیزیکی در کنار مؤلفه های جوی در تغییرات مقادیر غلظت منواکسیدکربنِ سه راه تهران پارس تأثیر گذار است. بیشترین مقادیر آلـودگی CO در سـاعات ابتـدایی روز قابل مشاهده است.

یادداشت‌ها

1- $K = f * (y *10); \quad H = K * C \quad P = H * X1$

که K= کل پیمایش روزانه سواری در منطقه، f=طول کمان (طول معبر به متر)،y=حجـم ترافیـک یـا تعـداد تـردد بـه سـاعت، ۱۰= تعداد کل ساعات در نظر گرفته شده برای شبیه‌سازی وضعیت ترافیکی (در اینجا از سـاعت ۵ الـی ۱۵)،C=۸/۷، H=مصرف سوخت کل ماشین ها،P= میزان انتشارات هر آلاینده(gr/cm)، وX=سهم آلودگی هر آلاینده در سـوخت خودروها

فهرست منابع و مآخذ

حسین‌پور، زینب؛ ۱۳۹۰. تحلیل همدیدی آلودگی هوای شهر تهران (تأکید بر ذرات معلق PM-10). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته اقلیم شناسی. استاد راهنما علی اکبرشمسی پور. دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

.رنجبر سعادت‌آبادی، عباس و علی‌اکبری بیدختی، عباسعلی و صادق‌حسینی، سیدعلیرضا؛ ۱۳۸٤. آثار جزیـره گرمـایی و شهرنـشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان شهر تهران بر اساس داده های مهرآباد و ورامین. مجله محیط شناسی. شماره۳۹، صفحات ۵۹–٦۸..

شریفی، مرضیه؛ ۱۳۸۸. بررسی آلودگی هوای ناشی از پایانه مسافربری در بافت شهری اطراف آن. پایان نامه کارشناسـی ارشـد رشـته محیط زیست. دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.

عتابی، فریده و عباسپور، مجید و کرباسی، عبدالرضا؛ ۱۳۸٦. مدل سازی انتشار ذرات معلق با به‌کارگیری مدل ADMS-urban. علم و تکنولوژی محیط زیست. دوره نهم. شماره اول، صفحات ۱–١٦.

غیاث‌الدین، منصور و حسامی، زهره و عتابی، فریده و محمودی، محمود؛ ۱۳۸۵. بررسی کیفیت هوای داخل منازل مسکونیِ منطقه ۱و۵ شهر تهران از نظر ذرات معلق هوا(PM10)، مجله محیط شناسی،شماره۳۲(۴۰)، صفحات ۸-۱

قنبری، حسینعلی و عزیزی، قاسم؛ ۱۳۸۸. شبیه سازی عددی رفتار آلودگی هوای تهران بر اساس الگوی باد. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۸. صفحات ۱۵-۳۲.

مددی، حسین و اشرف زاده، محمدرضا و نجمی، نادر و شیخ زاده، بیتا؛ ۱۳۸۸. مدل سازی انتشار گازهای NOx و CO ناشی از احتراق گاز طبیعی در نیروگاه سیکل ترکیبی سمنان.پوستر ارائه شده در دومین سمپوزیوم بین‌المللی مهندسی محیط زیست.تهران.

یدقار، امیرمحمد؛ ۱۳۸۵. مدل سازی و تحلیل پراکنش آلاینده‌های منتشره از منابع متحرک آلودگی هوا بر پایه GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران..

Ashok, K., 2006. Modelling PM10 Concentrations and Carrying Capacity Associated with Woodheater Emissions in Lanunceston. Tasmania. Atmospheric Environment 40.

Atabi, f., Abaspur, M., Karbasi, A., 2008. Particulate emissions modeling using the ADMS-urban model. Environmental Science and Technology 9(1) , 1-16.

Bemquerer, F. Rasia, C. Leitekruger,E., 2010.A Method for Simulating NOx Dispersion in an Urban Area Using ENVI-met. Simulation Multiconference 188, San diego,USA. D igital library, ISBN: 978-1-4503-0069-8.

Brzozzowski, K., 2005.Modellimg of Air Pollution on a Military Airfield. Atmospheric Environment 39(33), 6130-6139.

Bruse, M., 2007. ENVI-met implementation of the gas/ particle dispersion and deposition model PDDM. www.Envi-met.com.

Bruse, Micheal., 2007. Particle Filtering Capacity of Urban Vegetation: a microscale numerical approach. Environmental Modelling group,INST. Geography.university of Mainz, 1-6.

Ghanbari, H., Azizi, Gh., 2010. Numerical simulation of air pollution in Tehran based on wind patterns. Physical Geography Research 68, 15-32.

Ghiasadin, M., Hesami, Z., Atabi, F., Mahmodi, M., 2007. Study of Indoor air quality of 1 and 5 region of tehran In terms of air particulate matter (PM10). Ecology Journal 32(40), 1-8.

Hosainpur,zainab,2012. Synoptic analysis of air pollution in Tehran (emphasis on particulate matter PM-10). MA thesis Climatology. Faculty of Geography, Tehran University.

Karra, Styliani., Malki-Esphtein, Liora., Neophyton, Marina., 2011. The Dispersion of Traffic Related Pollutants Across a non Hemogeneous Street Canyin.Environmental Sciences. 4. 25-34.

Madadi, H., Ashrafzadeh, M., Najmi, N,. Shaikhzadeh, N., 2010. Modeling of NOx and CO emissions caused by combustion of natural gas combined cycle power plant in Semnan. Poster presented at the Second International Symposium on Environmental Engineering. Tehran.

Nikolova, Irina and others., 2011. Dispersion Modelling of Yeraffic of Induced UltraFine Particles in Street Canyon in Antwerp, Belqium and Comparision with Observations.Technological Research 15, 336-343.

Ranjbar saadat abadi, A., Bidokhti, A., Sadegh Hosaini, A., 2006. heat island effects And urbanization on local weather and climate of metropolitan Tehran based on Mehrabad and Varamin data. Ecology Journal 39, 59-68.

Sharifi, M., 2010. Air pollution caused by passenger terminals in the surrounding urban fabric. MA thesis Climatology, Faculty of Environment, Tehran University.

Wania, Annett., Bruse, Micheal and Others., 2011. Analysing the Influence of Different Street Vegetation on Traffic Induced Particle Dispersion Using Microscale Simulations. Journal of Environmental Management 21, 91-101.

Yadghar, A., 2007. modeling and analysis distribution of emissions pollutants from moving sources of air pollution based on GIS. MA thesis Climatology, Faculty of Environment, Tehran University.

Zawar-Reza, Peyman., KinghamSimon, Jami., Pearce., 2005. Evaluation of a Year-Long Dispersion Modelling of PM10 Using The Mesoscale Model TAPM for Christchurch – Newzland. Science of the Total Environment. 349. 249-259.

Zawar-Reza, Peyman. AppelhansTim, Gharaylou, Maryam., Shamsipour, Aliakbar., 2010. meso scale control on particulate matter pollution for mega city in a semi-arid mountainou